

PAT-NO: JP02000161935A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000161935 A

TITLE: METHOD AND INSTRUMENT FOR MEASURING THREE-  
DIMENSIONAL COORDINATES FOR SLIT LIGHT PROJECTION TYPE  
THREE-  
DIMENSIONAL VISUAL SENSOR AND RECORDING MEDIUM  
WITH  
THREE-DIMENSIONAL COORDINATE MEASURING PROGRAM  
RECORDED  
THEREIN

PUBN-DATE: June 16, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

KAMIGAKI, TOSHIO

COUNTRY

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

KOBE STEEL LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP10337255

APPL-DATE: November 27, 1998

INT-CL (IPC): G01B011/24

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a three-dimensional coordinate measuring method with which the rotation axis of slit light can be positioned to an arbitrary position.

SOLUTION: After a camera 6 is calibrated by considering that slit light is a plane rotating around an arbitrary axis, the equation on standard slit light planes P0-P2, rotation axis, and an arbitrary slit light plane around the

rotation axis is found by measuring three or more slit light rays P0-P2

projected upon calibration target planes X1 and X2 by using the camera 6.

Therefore, the three- dimensional coordinates photographed with a camera can be

found easily, without having to use precise jig machining, parts machining, nor

to conduct accurate mechanical positioning.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-161935

(P2000-161935A)

(43) 公開日 平成12年6月16日 (2000.6.16)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード (参考)
G 0 1 B 11/24		G 0 1 B 11/24	K 2 F 0 6 5
			A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-337255

(22) 出願日 平成10年11月27日 (1998.11.27)

(71) 出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号

(72) 発明者 神垣 敏雄

愛知県豊橋市三弥町字中原1番地2 株式

会社神戸製鋼所豊橋FA・ロボットセンタ  
一内

(74) 代理人 100089196

弁理士 梶 良之

Fターム (参考) 2F065 AA53 BB27 EE00 FF01 FF02

FF09 GG04 HH05 HH14 JJ03

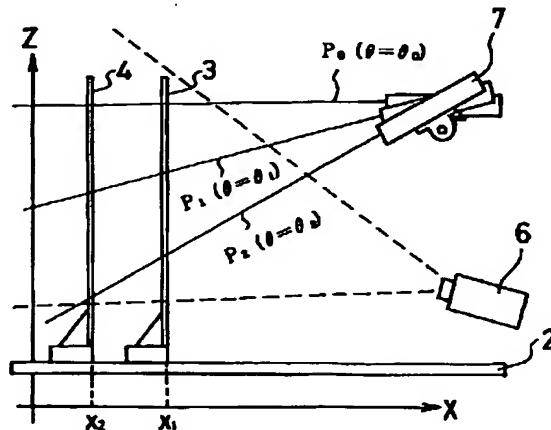
JJ26 MM15 UU05

(54) 【発明の名称】 スリット光投射方式3次元視覚センサにおける3次元座標計測方法及びその装置並びに3次元座標計測プログラムを記録した記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 スリット光の回転軸を任意の位置に配置できる3次元座標計測方法を提供する。

【解決手段】 スリット光を任意の軸の回りに回転する平面として考え、カメラ6のキャリブレーションを行った後、そのカメラ6を用いて異なる2枚以上のキャリブレーションターゲット平面X1、X2に投射される異なる3枚以上のスリット光P0～P2を計測することにより、基準のスリット光平面P0～P2、回転軸、回転軸の周りを回転する任意のスリット光平面の方程式を求める。これにより、精密な治具や部品加工や正確な機械的位置決めを行わなくても、カメラにより撮影された3次元座標を容易に求めることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 スリット光で照射された物体の像をカメラ画像面上に撮像し、前記物体の画像上のスリット光による反射光点のカメラ画像面座標から前記反射光点に対応する物体上の点の位置座標を計算式を用いて算出するスリット光投射方式3次元座標計測方法において、予めカメラをキャリブレーションするカメラキャリブレーション工程と、

前記キャリブレーション工程のキャリブレーションデータに基づいて、3つ以上の異なる角度だけ回転させたスリット光平面の方程式を3つ以上求める工程と、前記3つ以上のスリット光平面の方程式から回転軸の方程式を求める工程と、

前記回転軸の周りに任意角度回転した場合の任意のスリット光平面の方程式を求める工程とを含むことを特徴とするスリット光投射方式3次元座標計測方法。

【請求項2】 スリット光で照射された物体の像をカメラ画像面上に撮像し、前記物体の画像上のスリット光による反射光点のカメラ画像面座標から前記反射光点に対応する物体上の点の位置座標を計算式を用いて算出するスリット光投射方式3次元座標計測装置において、予めカメラをキャリブレーションするカメラキャリブレーション手段と、

前記キャリブレーション手段のキャリブレーションデータに基づいて、3つ以上の異なる角度だけ回転させたスリット光平面の方程式を3つ以上求めるスリット光平面算出手段と、

前記3つ以上のスリット光平面の方程式から回転軸の方程式を求める回転軸算出手段と、

前記回転軸の周りに任意角度回転した場合の任意のスリット光平面の方程式を求める任意のスリット光平面算出手段とを含むことを特徴とするスリット光投射方式3次元座標計測装置。

【請求項3】 スリット光で照射された物体の像をカメラ画像面上に撮像し、前記物体の画像上のスリット光による反射光点のカメラ画像面座標から前記反射光点に対応する物体上の点の位置座標を計算式を用いて算出するスリット光投射方式3次元座標計測プログラムを記録した記録媒体であって、

前記プログラムは、予めカメラをキャリブレーションさせ、

キャリブレーションデータに基づいて、3つ以上の異なる角度だけ回転させたスリット光平面の方程式を3つ以上求めさせ、

前記3つ以上のスリット光平面の方程式から回転軸の方程式を求めさせ、

前記回転軸の周りに任意角度回転した場合の任意のスリット光平面の方程式を求めさせることを特徴とするスリット光投射方式3次元座標計測プログラムを記録した記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、スリット光を用いて物体を3次元的に計測する3次元座標計測方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】スリット光とビデオカメラを用いて、対象物の形状や位置を3次元空間内で計測するスリット光投射方式3次元座標計測方法は、ロボットの視覚センサや非接触形状計測装置等に応用されている。従来、この種の3次元座標計測方法は、座標計算式を簡単にするために、物体を照射するスリット光とカメラの位置関係等の測定系の配置に束縛条件を持たせていた。例えば、特開平7-270137に開示されている方法（スポット光のミラーによるスキャンであるが1方向を固定するとスリット光とみなせる。）では、カメラレンズ中心を通り撮像面に垂直な平面を想定し、その平面とスリット光平面が垂直であるという制約、又スリット光を回転させた場合には、回転軸がスリット光平面を含む必要があるという制約である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のスリット光投射方式3次元座標計測方法では、上述の制約条件を守るために、カメラレンズの中心を通り撮像面に垂直な平面を物理的に求めたりスリット光平面を回転軸に合わせたり回転軸を正確に調整する等の機械的位置決めを正確に行う必要がある。そのため、精密な治具や部品加工を要したり、機械的位置決めが困難であるため、計測データに誤差が生じるという問題点があった。

【0004】そこで、本発明は、上記問題を鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、精密な治具や部品加工を要さず、カメラとスリット光の機械的位置決めを正確に行わなくても正確な計測データが得られる3次元座標計測方法を提供することである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、スリット光で照射された物体の像をカメラ画像面上に撮像し、前記物体の画像上のスリット光による反射光点のカメラ画像面座標から前記反射光点に対応する物体上の点の位置座標を計算式を用いて算出するスリット光投射方式3次元座標計測方法において、予めカメラをキャリブレーションするカメラキャリブレーション工程と、前記キャリブレーション工程のキャリブレーションデータに基づいて、3つ以上の異なる角度だけ回転させたスリット光平面の方程式を3つ以上求める工程と、前記3つ以上のスリット光平面の方程式から回転軸の方程式を求める工程と、前記回転軸の周りに任意角度回転した場合の任意のスリット光平面の方程式を求める工程とを含むことを特徴とする。

【0006】この方法は、スリット光を任意の軸の回り

に回転する平面として考え、カメラのキャリブレーションを行った後、そのカメラを用いて異なる2枚以上のキャリブレーションターゲット平面に投射される異なる3枚以上のスリット光を計測することにより、基準のスリット光平面と、回転軸とを求める。回転軸が求まると、この回転軸の周りを回転する任意の角度回転したスリット光平面の方程式を算出する。任意の角度回転したスリット光平面の方程式が決まると、カメラにより撮影されたスリット光上の任意の点の3次元座標は、スリット光平面とカメラ視線の直線の3次元空間内での交点として求められる。

【0007】このように、カメラとキャリブレーションターゲットを用いてスリット光のキャリブレーションを行うことにより、スリット光投光器を任意の位置に配置しても、カメラにより撮影されたスリット光上の任意の点の3次元座標を容易に求めることができるため、従来のように、スリット光の回転軸をスリット光平面やカメラの中心と機械的に合わせる必要がなくなる。

【0008】これにより、精密な治具や部品加工を要さず、各部品の機械加工や組立の精度が低くても、正確な計測データを得ることができる。また、衝撃などでカメラやスリット光投光器の位置がずれた場合でも、上記のキャリブレーションさえ行えば、ずれを元に戻さなくても、位置ずれ以前と同じ精度で計測できる。

【0009】請求項2記載の発明は、スリット光で照射された物体の像をカメラ画像面上に撮像し、前記物体の画像上のスリット光による反射光点のカメラ画像面座標から前記反射光点に対応する物体上の点の位置座標を計算式を用いて算出するスリット光投射方式3次元座標計測装置において、予めカメラをキャリブレーションするカメラキャリブレーション手段と、前記キャリブレーション手段のキャリブレーションデータに基づいて、3つ以上の異なる角度だけ回転させたスリット光平面の方程式を3つ以上求めるスリット光平面算出手段と、前記3つ以上のスリット光平面の方程式から回転軸の方程式を求める回転軸算出手段と、前記回転軸の周りに任意角度回転した場合の任意のスリット光平面の方程式を求める任意のスリット光平面算出手段とを有することを特徴とする。これにより、精密な治具や部品加工を要さず、各部品の機械加工や組立の精度が低くても、正確な計測データを得ることができる。また、衝撃などでカメラやスリット光投光器の位置がずれた場合でも、上記のキャリブレーションさえ行えば、ずれを元に戻さなくても、位置ずれ以前と同じ精度で計測できる。

【0010】請求項3記載の発明は、スリット光で照射された物体の像をカメラ画像面上に撮像し、前記物体の画像上のスリット光による反射光点のカメラ画像面座標から前記反射光点に対応する物体上の点の位置座標を計算式を用いて算出するスリット光投射方式3次元座標計測プログラムを記録した記録媒体であって、前記プロ

ラムは、予めカメラをキャリブレーションさせ、キャリブレーションデータに基づいて、3つ以上の異なる角度だけ回転させたスリット光平面の方程式を3つ以上求めさせ、前記3つ以上のスリット光平面の方程式から回転軸の方程式を求めさせ、前記回転軸の周りに任意角度回転した場合の任意のスリット光平面の方程式を求めさせることを特徴とする。これにより、精密な治具や部品加工を要さず、各部品の機械加工や組立の精度が低くても、正確な計測データを得ることができる。また、衝撃などでカメラやスリット光投光器の位置がずれた場合でも、上記のキャリブレーションさえ行えば、ずれを元に戻さなくても、位置ずれ以前と同じ精度で計測できる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基いて説明する。本実施形態に係るスリット光投射方式3次元座標計測装置（以下、「3次元座標計測装置」という。）1は、図1に示すように、3次元視覚センサヘッド機構5と、3次元視覚センサヘッド機構5に接続された3次元座標計測制御盤14と、X1及びX2の位置のキャリブレーションターゲット平面3、4とを有しており、物体上の点の位置座標を3次元的に計測するようになっている。

【0012】3次元視覚センサヘッド機構5は、帯状のレーザ光からなるスリット光を水平面に拡散させながら照射するスリット光投光器7と、スリット光投光器7を任意の角度に変更させるステッピングモータ9と、X1及びX2の位置のキャリブレーションターゲット平面3、4に投影されたスリット光を撮像するカメラ6とを有している。

【0013】上記のカメラ6は、レンズと撮像部材とを有しており、撮像部材は、レンズを介してスリット光が投影される撮像面を有している。この撮像面には、レンズ中心を中心として左右対象に画像が投影されるようになっている。

【0014】上記の撮像部材は、光量に応じた電荷を発生させる受光素子部（画素）をx方向及びy方向のマトリックス状に複数有しており、図1に示すように、3次元座標計測制御盤14に接続されている。この撮像部材は、受光素子部の電荷を例えば、ラスタスキャン形式により電圧出力として読み出してキャリブレーションターゲット座標データ等の座標データとして3次元座標計測制御盤14に出力するようになっている。

【0015】図2に示すように、X1及びX2の位置のキャリブレーションターゲット平面3、4は、スライド台2の上に、スライド方向と直角に取り付けられている。平面3、4のカメラ6側の表面には、図3に示すように、カメラ6により撮像されたカメラ画像面上での位置（座標）を求めるための基準となるマーク17が描かれており、例えば、このマーク（以下、「キャリブレーションターゲット」という。）17が黒丸で描かれてい

れば、3次元座標計測装置1は、カメラ画像の2値化処理と黒領域の重心計算とによりカメラ画像上での位置（座標）を容易に得られるようになっている。

【0016】上記の3次元座標計測装置14は、図1に示すように、撮像部材やスリット光投光器7等に接続されたI/O部10a、10bと、これらのI/O部10a、10bに信号バス15を介して接続された演算部11、RAM12、ROM13及びモータ駆動部16とを有している。このROM13には、スリット光平面の方程式算出ルーチン13aが格納されており、このスリット光平面の方程式算出ルーチン13aは、演算部16により実行されるようになっている。

【0017】上記のRAM12には、カメラキャリブレーションターゲット記憶領域12aと、カメラパラメータ記憶領域12bと、座標値記憶領域12cと、スリット光平面の方程式記憶領域12dと、回転軸の方程式記憶領域12eと、任意のスリット光平面の方程式記憶領域12fとが形成されている。上記のカメラキャリブレーションターゲット記憶領域12aには、図4に示すように、カメラ6のキャリブレーションターゲット17をワールド座標系で求めたキャリブレーションターゲット座標データが格納されるようになっている。また、カメラパラメータ記憶領域12bには、キャリブレーションターゲット座標データから算出されたカメラパラメータが格納されるようになっている。さらに、座標値記憶領域12cには、図6に示すように、X1平面3上の直線上の任意に決定された2点と、X2平面4上の直線上の任意に決定された1点とからカメラパラメータを用いて算出された3次元空間内の座標データが格納されるようになっている。また、スリット光平面の方程式記憶領域12dには、座標データから算出されたスリット光平面の方程式が格納されるようになっている。さらに、回転軸の方程式記憶領域12eには、スリット光平面の方程式から算出された回転軸の方程式が格納されるようになっている。また、任意のスリット光平面の方程式記憶領域12fには、回転軸の周りを回転する任意のスリット光平面の方程式が格納されるようになっている。

【0018】本実施形態に係る3次元座標計測装置1は、図10に示すように、スリット光平面の方程式算出ルーチン13aにより、任意の角度回転したスリット光平面の方程式を求めることによって、その平面の方程式とカメラ6の視線（直線）との交点から、スリット光上の任意の点の3次元座標を計測するようになっている。

【0019】上記の構成において、3次元座標計測装置1の動作を図面に基づいて説明する。図11に示すように、カメラ6のキャリブレーションが行われる（S1）。即ち、図4に示すように、ピンホールカメラモデルを用いたキャリブレーション手法により、カメラパラメータが算出される。カメラ6のキャリブレーションターゲット（黒丸）17のワールド座標系での位置は、X

座標が原点からのスライド台2の距離で決められ、Y、Z座標が平面3、4上での基準点（平面3、4での固定された一点）を原点とした座標として決められる。具体的には、図4に示すように、平面3がスライド台2上の位置X1に設定され、平面4が位置X2に設定される。そして、4つの黒丸が平面3、4上の位置（Y1, Z1）、（Y2, Z2）、（Y3, Z3）、（Y4, Z4）に描かれる。

【0020】この場合、3次元空間内に8個のキャリブレーションターゲット（黒丸）17が配置されたことになり、その座標P1～P8は（X1, Y1, Z1）、（X1, Y2, Z2）、（X1, Y3, Z3）、（X1, Y4, Z4）、（X2, Y1, Z1）、（X2, Y2, Z2）、（X2, Y3, Z3）、（X2, Y4, Z4）となる。これらのキャリブレーションターゲット（黒丸）17がカメラ6で撮像され、キャリブレーションターゲット座標データとしてI/O部10aに出力される。I/O部10aがキャリブレーションターゲット座標データを受信すると、3次元座標計測装置14により画像上の位置Q1～Q8がそれぞれ求められ、図5に示すように、Q1～Q8は、（x1, y1）、（x2, y2）……（x8, y8）となる。

【0021】これらの座標データの8組から、3次元座標計測装置14によってカメラパラメータが算出される。このように、カメラパラメータを求めるのは、既知の平面X1及びX2上にある任意の点の3次元座標を1台のカメラ6のカメラ画像から求めることができるためである。即ち、X座標が既知である平面上の任意の点のワールド座標系での位置P1～P8が、カメラ画像から得られた画像座標系での位置座標Q1～Q8により計算できるためである。

【0022】尚、上記の平面3、4においてワールド座標系のどの位置にキャリブレーションターゲット（黒丸）17があるかを、予め測定しておく。本実施形態に係る3次元座標計測装置1では、例として8点を使う場合を説明したが、ピンホールカメラのパラメータは11個なので、同一平面上にない6点以上が3次元空間内に独立して存在すれば良い。一般的に、キャリブレーションターゲット17の数が多ければ、カメラパラメータを求める際に、最小自乗法を用いることにより、3次元空間内の座標データの精度を上げることができる。

【0023】次に、図11に示すように、軸の回りに回転するスリット光の基準となる1枚の基準スリット光平面P0の方程式（角度 $\theta = \theta_0$ ）が以下の手順で算出される（S2）。図6に示すように、スリット光投光器7の角度を固定し、それを基準の角度 $\theta_0$ とする。キャリブレーションターゲット平面3がX1の位置に置かれると、スリット光投光器7からスリット光が照射されるように、出力信号がI/O部10aを介してスリット光投光器7に出力される。キャリブレーションターゲット平

面3に照射されたスリット光がカメラで撮像されると、このスリット光は画像平面上で直線となる。この直線（以下、「スリット光直線」という。）は、X1平面3とスリット光平面P<sub>0</sub>の交線である。次に、図6及び図7(b)に示すように、スリット光直線上の任意の点を2点決めてQa(ya, xa)、Qb(yb, xb)とする。そして、スリット光画像の画像平面上の座標値Qa、Qbと、カメラパラメータと、キャリブレーションターゲット平面3の式とを用いて3次元空間内の座標データ(Xa, Ya, Za)、(Xb, Yb, Zb)が計算され、座標値記憶領域12cに格納される。尚、Xa、XbはX1と等しい。

【0024】次に、図7に示すように、キャリブレーションターゲット平面4がX2の位置に置かれ、X1の位置のキャリブレーションターゲット平面3と同様に画像のスリット光直線上の任意の1点を決めQc(yc, xc)とし、その3次元空間内の座標データ(Xc, Yc, Zc)が計算される。これで、基準スリット光平面P<sub>0</sub>内の3点の3次元空間内の座標データ(Xa, Ya, Za)、(Xb, Yb, Zb)、(Xc, Yc, Zc)が求められる。これらの3点から、3次元空間内の基準スリット光平面P<sub>0</sub>の方程式を求め、平面の方程式記憶領域12dに格納される。

【0025】尚、Qa、Qb、Qcの3点から基準スリット光平面P<sub>0</sub>の方程式を求める方法を説明したが、スリット光直線上で任意に決めた点を増やしたり、キャリブレーションターゲット17の位置を増やすことで、スリット光平面内の点を3点以上に増やしてもよい。この場合は、平面の方程式は最小自乗的に求められるので、測定誤差を減少させることができる。

【0026】上記の基準スリット光平面P<sub>0</sub>は、任意の角度だけ回転するスリット光平面P<sub>i</sub>の回転量 $\theta_i$ の基準となるスリット光平面であって、例えば、この基準スリット光平面P<sub>0</sub>を角度 $\theta = \theta_0$ の平面とすると、 $\theta = \theta_1$ だけ回転したスリット光平面の回転角度は $\theta_0 - \theta_1$ と表せる。尚、基準スリット光平面P<sub>0</sub>は、特に具体的に角度を設定する必要はなく、ある任意の角度に設定すれば良いが、キャリブレーション時と測定時で異なるものであってはならない。

【0027】次に、図11に示すように、スリット光投影器7の角度をある角度 $\theta_1$ だけずらしたスリット光平面P<sub>1</sub>の方程式が以下の手順で算出される(S3)。基準スリット光平面P<sub>0</sub>からスリット光投影器7を角度 $\theta_1$ だけ回転させるように、モータ駆動部16を介して駆動信号がステッピングモータ9に出力される。駆動信号を受信すると、ステッピングモータ9は、スリット光投影器7を角度 $\theta_1$ だけ回転させる。そして、スリット光平面P<sub>1</sub>の方程式(角度 $\theta = \theta_1$ )は、基準スリット光平面P<sub>0</sub>の方程式の場合と同様に、スリット光が、x方向に位置の異なる2枚のX1及びX2のキャリブレーション

ターゲット平面3、4に投射され、カメラ6で撮像されたカメラ画像から算出された後、平面の方程式記憶領域12dに格納される。

【0028】次に、スリット光投影器7の角度をある角度 $\theta_2$ だけずらしたスリット光平面P<sub>2</sub>の方程式が以下の手順で算出される(S4)。基準スリット光平面P<sub>0</sub>からスリット光投影器7を角度 $\theta_2$ だけ回転させるように、モータ駆動部16を介して駆動信号がステッピングモータ9に出力される。駆動信号を受信すると、ステッピングモータ9は、スリット光投影器7を角度 $\theta_2$ だけ回転させる。そして、スリット光平面P<sub>2</sub>の方程式(角度 $\theta = \theta_2$ )は、基準スリット光平面P<sub>0</sub>の方程式の場合と同様に、スリット光が、x方向に位置の異なる2枚X1及びX2のキャリブレーションターゲット平面3、4に投射され、カメラ6で撮像された画像から算出された後、平面の方程式記憶領域に格納される。尚、これらの角度 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ は、基準のスリット光平面P<sub>0</sub>から0でない2つの角度だけ回転させれば良い。また、その絶対値は、回転軸を求める際の計算には不要である。但し、角度 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ があまりに小さいと、回転軸を求める精度が悪くなる。

【0029】3枚のスリット光平面P<sub>0</sub>、P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>の方程式が得られたならば、以下の手順でこれらの3枚のスリット光平面P<sub>0</sub>、P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>から任意の2枚のスリット光平面、例えば、図8、図9に示すように、スリット光平面P<sub>0</sub>とスリット光平面P<sub>1</sub>の二等分面P<sub>01</sub>が算出される(S5)。二等分面P<sub>01</sub>が算出されると、別の2枚の平面、例えば、スリット光平面P<sub>1</sub>とスリット光平面P<sub>2</sub>の二等分面P<sub>12</sub>が算出される(S6)。二等分面P<sub>01</sub>、P<sub>12</sub>が算出されると、二等分面P<sub>01</sub>と二等分面P<sub>12</sub>の交線(回転軸)18の方程式が算出され、回転軸の方程式記憶領域12eに格納される(S7)。

【0030】尚、スリット光平面の組み合わせと二等分面の組み合わせとにより、複数の回転軸18が得られるが、実際の回転軸18に最も近い回転軸18が選ばれる。また、回転軸18上の点は常にどのスリット光平面との距離も一定であるため、直接、回転軸の方程式を求める方法もある。この場合、ずらす角度の回数を増やし、スリット光平面を増やすと、最小自乗法により、回転軸の方程式を精度良く求めることができる。

【0031】回転軸18が求まると、その回転軸18の周りを任意の角度回転したスリット光平面P<sub>i</sub>の方程式が算出される(S8)。任意の角度回転したスリット光平面P<sub>i</sub>の方程式の計算方法は、基準スリット光平面P<sub>0</sub>を回転軸に対して $\theta$ 回転させて角度 $\theta x$ になった場合( $\theta_0 - \theta x = \theta$ )、以下の通りである。まず、回転軸18とスリット光平面とを回転軸18が原点を通るように平行移動させる。その後、回転軸18に対してスリット光平面を $\theta$ 回転させる。最後に回転軸18が元の点を通るように回転軸18とスリット光平面とを平行移動さ

せる。この計算により任意の角度回転したスリット光平面 $P_i$ の方程式が求められる。尚、ここでの回転量 $\theta_i$ はその絶対値が得られるものとする。回転角度の検出は、例えば、回転軸に取り付けられたステッピングモータのステップ数や、エンコーダのパルス数などで行われる。

【0032】以上のようにスリット光平面のキャリブレーションを行うことによって、任意の角度回転したスリット光平面 $P_i$ の方程式が算出できるため、カメラ6により撮像されたスリット光平面上の任意の点の3次元空間の座標データは、任意のスリット光平面 $P_i$ とカメラの視線の直線20との3次元空間内での交点19として求められる。

【0033】尚、本実施形態においては、スリット光平面の方程式算出ルーチン13aを演算部11に実行させるプログラムが予めROM13に格納されているが、これに限定されることなく、磁気テープや磁気ディスク、光ディスク等の記録媒体に記録されていても良い。

【0034】即ち、これらの記録媒体を用いることによって、上記のプログラムを実行させるようになっていても良い。そして、この場合、カメラ6やスリット光投光器7が3次元座標計測制御盤14に代えてパーソナルコンピュータ等の情報処理装置に接続可能にされれば、記録媒体から上記のプログラムを読み取ることによって、パーソナルコンピュータ等の情報処理装置にスリット光平面の方程式算出ルーチン13aを実行させることができるため、カメラ6やスリット光投光器7のキャリブレーションを行うことができる。

【0035】請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の発明は、カメラとキャリブレーションターゲットを用いてスリット光のキャリブレーションを行うことにより、精密な治具や部品加工を要さず、各部品の機械加工や組立の精度が低くても、正確な計測データを得られるという効果を奏する。また、衝撃などでカメラやスリット光投光器の位置がずれた場合でも、上記のキャリブレーションさえ行えば、ずれを元に戻さなくても、位置ずれ以前と同じ精度で計測できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】3次元座標計測制御盤を説明するブロック図である。

【図2】3次元計測装置を側面視した図である。

【図3】3次元計測装置を正面視した図である。

【図4】カメラのキャリブレーションを説明する図である。

【図5】X1、X2の位置のターゲット画像を説明する図である。

【図6】スリット光平面を求める方法を説明する図である。

【図7】スリット光画像を説明する図である。

【図8】回転軸を求める方法を説明する図である。

【図9】図8の円内における拡大図である。

【図10】スリット光平面とカメラ視線を説明する図である。

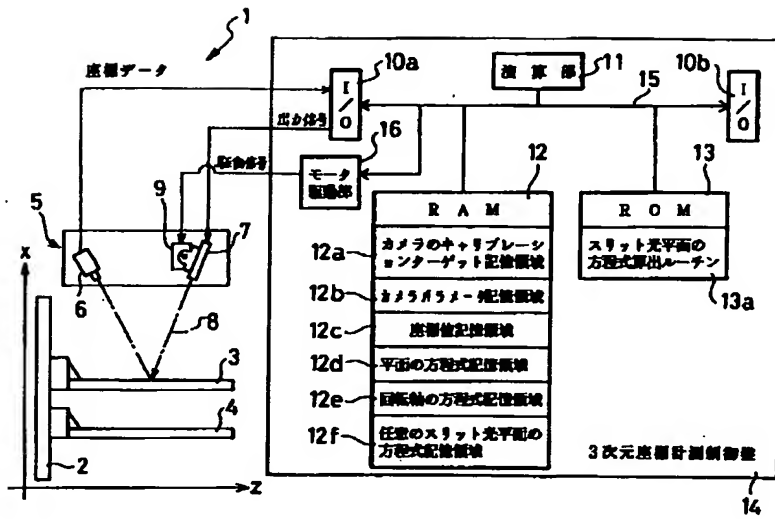
【図11】任意の角度回転したスリット光平面の方程式を求めるフローチャートである。

【符号の説明】

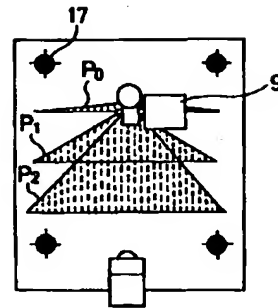
- 1 3次元座標計測装置
- 2 スライド台
- 3 X1のキャリブレーションターゲット平面
- 4 X2のキャリブレーションターゲット平面
- 5 3次元視覚センサヘッド機構
- 6 カメラ
- 7 スリット光投光器
- 8 スリット光
- 9 ステッピングモータ
- 10 I/O部
- 11 演算部
- 12 RAM
- 13 ROM
- 14 3次元座標計測制御盤
- 15 信号バス
- 16 モータ駆動部
- 17 キャリブレーションターゲット
- 18 回転軸
- 19 交点
- 20 カメラ視線の直線



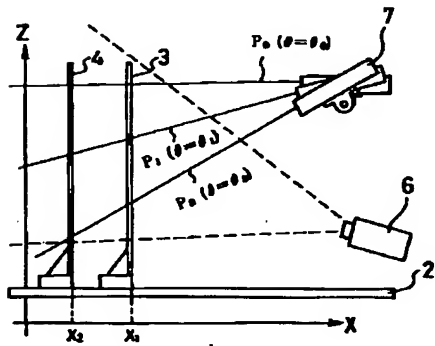
【図1】



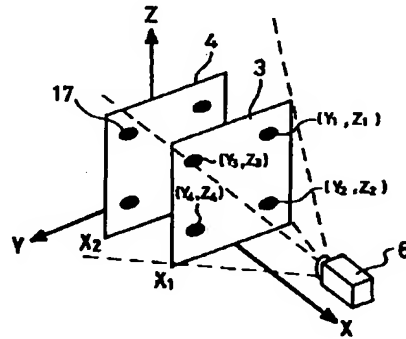
【図3】



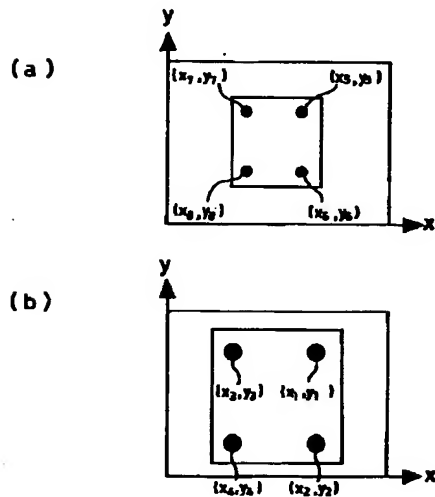
【図2】



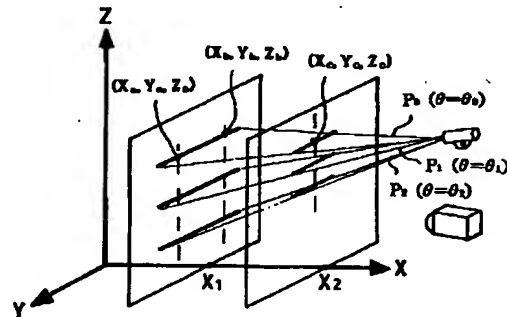
【図4】



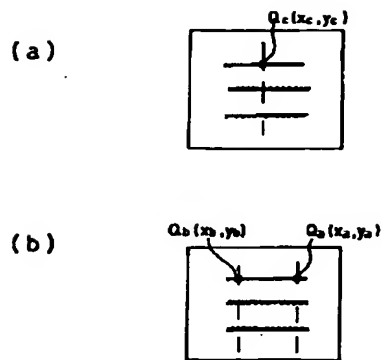
【図5】



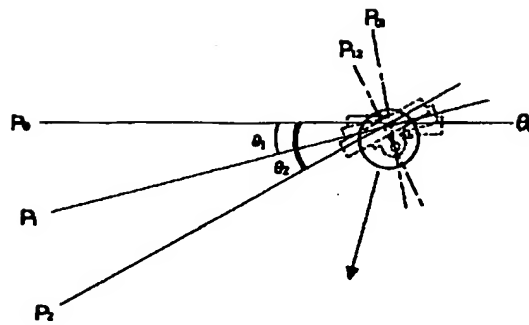
【図6】



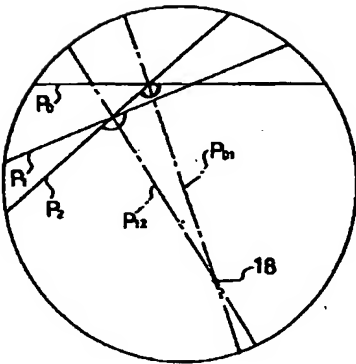
【図7】



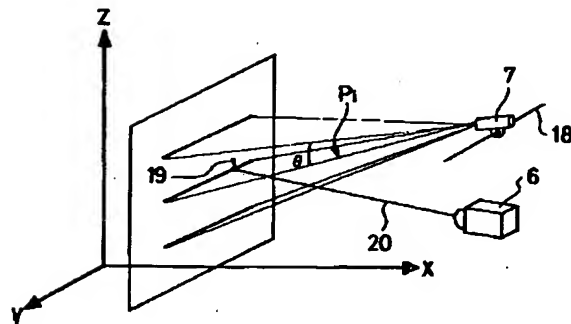
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

